



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 102 34 159 C 1

⑤1 Int. Cl.⁷:
G 21 F 1/08

②1 Aktenzeichen: 102 34 159.1-33
②2 Anmeldetag: 26. 7. 2002
④3 Offenlegungstag: -
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 6. 11. 2003

DE 102 34 159 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Eder, Heinrich, Dr., 81243 München, DE

⑦4 Vertreter:
Motsch und Seitz, 80538 München

⑦2 Erfinder:
gleich Patentinhaber

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 199 55 192 A1
EP 03 71 699 A1
JP 54-1 51 797 A

⑤4 Blei-Ersatzmaterial für Strahlenschutz Zwecke

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Blei-Ersatzmaterial für Strahlenschutz Zwecke, wobei das Blei-Ersatzmaterial Sn, Bi und optional W oder Verbindungen dieser Metalle umfasst und die Zusammensetzung des Blei-Ersatzmaterials eine Funktion des Nenn-Bleigleichwertes ist.

DE 102 34 159 C 1

- [0001] Die Erfindung betrifft ein Blei-Ersatzmaterial für Strahlenschutz Zwecke im Energiebereich einer Röntgenröhre mit einer Spannung von 60–125 kV, wobei das Blei-Ersatzmaterial Sn, Bi und optional W oder Verbindungen dieser Metalle umfasst.
- [0002] Herkömmliche Strahlenschutzkleidung zur Anwendung in der Röntgendiagnostik enthält meist Blei oder Bleioxid als Schutzmaterial.
- [0003] Eine Substitution dieses Schutzmaterials gegen andere Materialien ist insbesondere aus folgenden Gründen wünschenswert:
- 10 Zum einen führt Blei und seine Verarbeitung zu einer hohen Umweltbelastung, zum anderen führt Blei aufgrund seines sehr hohen Gewichts notwendigerweise zu einem sehr hohen Gewicht der Schutzkleidung und damit zu einer starken physischen Belastung des Anwenders.
- [0004] Deshalb wird seit Jahren nach einem Ersatzmaterial für Blei beim Strahlenschutz gesucht. Dabei wird vorwiegend der Einsatz von chemischen Elementen oder deren Verbindungen mit der Ordnungszahl von 50 bis 76 vorgeschlagen.
- 15 [0005] Die DE 199 55 192 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Strahlungsschutzmaterials aus einem Polymer als Matrixmaterial und dem Pulver eines Metalls hoher Ordnungszahl.
- [0006] Die DE 201 00 267 U1 beschreibt ein hochelastisches, leichtes, flexibles, gummiartiges Strahlenschutzmaterial, wobei Zusätze von chemischen Elementen und deren Oxide mit einer Ordnungszahl größer gleich 50 zu einem speziellen Polymer gegeben werden.
- 20 [0007] Zur Gewichtsreduzierung gegenüber herkömmlichen Bleischürzen wird in der EP 0 371 699 A1 ein Material vorgeschlagen, das ebenfalls neben einem Polymer als Matrix Elemente höherer Ordnungszahl aufweist. Dabei wird eine große Anzahl von Metallen genannt.
- [0008] Je nach eingesetzten Elementen zeigt der Schwächungsgrad bzw. der Bleigleichwert (International Standard IEC 61331-1, Protective devices against diagnostic medical X-radiation) des jeweiligen Materials eine teilweise sehr ausgeprägte Abhängigkeit von der Strahlenenergie, die eine Funktion der Spannung der Röntgenröhre ist.
- 25 [0009] Die bekannten Strahlenschutzkleidungen aus bleifreiem Material besitzen deshalb gegenüber Blei einen mehr oder minder starken Abfall der Absorption unterhalb von 70 kV und über 110 kV. Das heißt, zur Erzielung der gleichen Abschirmwirkung, wie bei bleihaltigem Material ist für diesen Bereich der Röntgenspannung ein höheres Flächengewicht der Schutzkleidung erforderlich.
- 30 [0010] Deshalb ist der Anwendungsbereich von handelsüblicher bleifreier Strahlenschutzkleidung in der Regel eingeschränkt.
- [0011] Um Blei für Strahlenschutz Zwecke substituieren zu können, ist ein in Bezug auf Blei möglichst gleichartiges Absorptionsverhalten über einen größeren Energiebereich erforderlich, da Strahlenschutzstoffe üblicherweise nach dem Bleigleichwert eingestuft werden und die Strahlenschutzberechnungen häufig auf Bleigleichwerten basieren.
- 35 [0012] Die Aufgabe vorliegender Erfindung besteht darin, Blei als Strahlenschutzmaterial hinsichtlich seiner Abschirmeigenschaften über einen Energiebereich einer Röntgenröhre mit einer Spannung von 60–125 kV, also über einen größeren Energiebereich, und über einen größeren Dickenbereich der Nenn-Bleigleichwerte zu ersetzen und dabei gleichzeitig eine möglichst große Gewichtsreduzierung zu erreichen. Dabei sollen ausschließlich gegenüber Blei umweltfreundlichere Materialien zum Einsatz kommen.
- 40 [0013] Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Blei-Ersatzmaterial für Strahlenschutz Zwecke im Energiebereich einer Röntgenröhre mit einer Spannung von 60–125 kV gelöst, wobei das Blei-Ersatzmaterial Sn, Bi und optional W oder Verbindungen dieser Metalle umfasst, und dadurch gekennzeichnet ist, dass das Blei-Ersatzmaterial 10–20 Gew.-% Matrixmaterial, 50–75 Gew.-% Sn oder Sn-Verbindungen und 20–35 Gew.-% Bi oder Bi-Verbindungen für Nenn-Bleigleichwerte bis 0,15 mm und 40–60 Gew.-% Sn oder Sn-Verbindungen, 15–30 Gew.-% Bi oder Bi-Verbindungen und 0–30 Gew.-% W oder W-Verbindungen für Nenn-Bleigleichwerte von 0,15–0,60 mm umfasst.
- 45 [0014] Zur Lösung der Aufgabe war deshalb zum einen erforderlich, eine Materialauswahl für optimale Abschirmeigenschaften über einen größeren Energiebereich und andererseits eine Materialauswahl für einen größeren Dickenbereich der Schutzschicht aufzufinden.
- 50 [0015] Bevorzugte Verbindungen von Sn, Bi und W sind deren Oxide.
- [0016] Es stellt eine grundsätzlich neue und überraschende Erkenntnis dar, dass sich die Zusammensetzung von Blei-Ersatzmaterialien in Abhängigkeit von der Dicke des Schutzmaterials zur Erreichung eines optimalen Ergebnisses ändert. Ein bleifreies Abschirmmaterial mit dem erweiterten Anwendungsbereich lässt sich nunmehr durch eine auf den jeweiligen Nenn-Bleigleichwert abgestimmte Kombination von Zinn mit Wismut und ggf. Wolfram erreichen.
- 55 [0017] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Blei-Ersatzmaterial dadurch gekennzeichnet, dass es 52–70 Gew.-% Sn oder Sn-Verbindungen und 21–32 Gew.-% Bi oder Bi-Verbindungen für Nenn-Bleigleichwerte bis 0,15 mm und 42–57 Gew.-% Sn oder Sn-Verbindungen, 15–30 Gew.-% Bi oder Bi-Verbindungen und 5–27 Gew.-% W oder W-Verbindungen für Nenn-Bleigleichwerte von 0,15–0,60 mm aufweist.
- [0018] Durch die abgestimmte Kombination aus Zinn und Wismut und ggf. Wolfram oder Verbindungen dieser Metalle kann nunmehr ein umweltfreundliches Blei-Ersatzmaterial bereitgestellt werden, das wesentlich leichter ist als herkömmliches Blei- bzw. Bleioxidmaterial und dieses im Energiebereich einer Röntgenröhren mit einer Spannung von 60–125 kV substituieren kann. Dieser Energiebereich ist der für die Röntgendiagnostik wesentliche Bereich.
- 60 [0019] Das Kriterium für die Substitution von Blei ist eine 10%-ige Abweichung des Bleigleichwertes vom Nominalwert, wie in DIN 6813 festgelegt ist. Deshalb kann Strahlenschutzkleidung, die aus dem erfindungsgemäßen Ersatzmaterial gefertigt ist, ohne Einschränkungen bei allen Anwendungen der Röntgendiagnostik getragen werden. Dies stellt gegenüber allen bekannten Blei-Ersatzmaterialien einen wesentlichen Vorteil dar.
- 65 [0020] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Blei-Ersatzmaterial dadurch gekennzeichnet, dass es einen Aufbau aus Schichten unterschiedlicher Zusammensetzung aufweist.

[0021] Das Blei-Ersatzmaterial kann einen Aufbau aus mindestens zwei getrennten oder miteinander verbundenen Schichten unterschiedlicher Zusammensetzung umfassen, wobei die vom Körper entferntere Schicht überwiegend Sn und die körpernahe(n) Schicht(en) überwiegend Bi und optional W umfasst.

[0022] Die Erfindung wird anhand nachfolgender Beispiele und Vergleichsbeispiele näher erläutert.

[0023] Grundlage für die Messungen der gewichts- und energiebezogenen Strahlenschutzwirkung waren die Normen IEC 61331-1, wobei insbesondere die Messgeometrie und dort genannten Vorfilterungen für die Röntgenstrahlung zu beachten sind.

[0024] Die Ergebnisse der Messungen sind in der Tabelle 1 sowie in der Fig. 1 zusammengestellt.

Tabelle 1

Flächengewicht (kg/m²) verschiedener Strahlenschutzstoffe bezogen auf die Absorption von Reinblei bei Messbedingungen nach IEC 61331-1 in Abhängigkeit von der Energie

Schutzmaterial	60 kV	80 kV	100 kV	125 kV	150 kV
Absorption der Primärstrahlung in %	97,2	89,3	80,8	74,4	69,7
0,25 mm Reinblei (ohne Matrix) - Bezugswert	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
Blei mit Matrix	3,59	3,59	3,59	3,59	3,59
handelsübliches Bleifreimaterial (Optimit R-100A)	3,46	2,88	2,96	3,63	4,41
handelsübliches Bleifreimaterial (Xenolite®-NL)	3,79	3,09	3,20	4,13	4,51
erfindungsgemäßes Blei-Ersatzmaterial der Zusammensetzung: 15 Gew.-% Matrix, 54 Gew.-% Sn, 12 Gew.-% W, 19 Gew.-% Bi	2,93	2,83	2,83	3,07	3,53

[0025] Tabelle 1 zeigt, dass das erfindungsgemäße Blei-Ersatzmaterial bei gleicher Schutzwirkung im Bereich von 60–125 kV das vorteilhafteste Flächengewicht aller bleifreien Materialien aufweist.

[0026] Eine Strahlenschutzschürze mit dem Nenn-Bleigleichwert 0,25 mm aus dem neuen Material liegt somit rund 21% unter dem Gewicht einer herkömmlichen Schürze mit Blei als Schutzmaterial.

[0027] Fig. 1 zeigt die relativen Flächengewichte der verschiedenen Schutzmaterialien aus Tabelle 1, bezogen auf die Absorption von Reinblei im Energiebereich 50–150 kV.

[0028] Fig. 2 zeigt die Bestimmung des Anwendungsbereichs des erfindungsgemäßen Blei-Ersatzmaterials aus Tabelle 1, bezogen auf eine 10%-ige Abweichung des Blei-Gleichwerts bei 80 kV. Die Bestimmung erfolgt gemäß DIN 6813 und ergibt bei dem angegebenen Material einen Anwendungsbereich von mindestens 60–125 kV.

[0029] Die durchgeführten Messungen zeigen ferner, dass die strahlenphysikalischen Eigenschaften des Blei-Ersatzmaterials sowohl von der Energie der auftretenden Strahlung als von der Schichtdicke abhängig sind, d. h. für jede Schichtdicke muss die Zusammensetzung des Blei-Ersatzmaterials verändert werden, um es dem Absorptionsverhalten von Blei anzupassen.

[0030] Die Ergebnisse werden in Tabelle 2 gezeigt, wo die Zusammensetzungen für gebräuchliche Bleigleichwerte mit den entsprechenden Messwerten nach IEC 61331-1 angegeben sind.

Nenn-Blei gleichwert (mm)	Zusammensetzung M= Matrix-Material	Flächen- gewicht (kg/m ²)	60 kV 80 kV 100 kV 125 kV Strahlenqualitäten nach IEC 61331-1			
			gemessener Bleigleichwert (mm)			
0,025	67 Gew.-% Sn+ 22 Gew.-% Bi+ 15 Gew.-% M	0,25	0,023	0,025	0,025	0,023
0,05	55 Gew.-% Sn+ 30 Gew.-% Bi+ 15 Gew.-% M	0,51	0,045	0,050	0,050	0,045
0,125	55 Gew.-% Sn+ 30 Gew.-% Bi+ 15 Gew.-% M	1,25	0,120	0,125	0,125	0,120
0,25	54 Gew.-% Sn+ 12 Gew.-% W+ 19 Gew.-% Bi+ 15 Gew.-% M	2,8	0,24	0,25	0,25	0,23
0,35	48 Gew.-% Sn+ 20 Gew.-% W + 17 Gew.-% Bi+ 15 Gew.-% M	3,9	0,33	0,35	0,36	0,32
0,50	44 Gew.-% Sn+ 25 Gew.-% W+ 16 Gew.-% Bi+ 15 Gew.-% M	5,5	0,48	0,50	0,50	0,45

[0031] Wie sich beispielsweise aus Tabelle 2 ergibt, besteht das mit 0,25 mm Blei vergleichbare Ersatzmaterial aus 15 Gew.-% Matrixmaterial, 54 Gew.-% Sn, 12 Gew.-% W und 19 Gew.-% Bi bei einem Flächengewicht von insgesamt 2,8 kg/m². Das Matrixmaterial ist der Trägerstoff und kann beispielsweise aus Gummi oder Latex bestehen. Größere Abweichungen von der erfindungsgemäßen Zusammensetzung beeinflussen entweder den zugelassenen Anwendungsbe-
reich und/oder das Gewicht negativ.

[0032] Benötigt man jedoch eine Schutzschicht mit 0,5 mm Bleigleichwert, muss die Zusammensetzung entsprechend Tabelle 2 verändert werden, um das entsprechende Verhalten von Blei über einen Energiebereich von 60 bis 125 kV zu erreichen.

[0033] Aus strahlenphysikalischer Sicht kann durch die Ausführungsform des Gegenstands des Anspruchs 4 der Erfindung eine weitere Reduzierung der Strahlenexposition des Anwenders erfolgen. Beispielsweise kann die Strahlenexposition bei 100 kV Röhrenspannung um rd. 15% reduziert werden, wenn die äußere Schicht ausschließlich aus Zinn und die innere Schicht aus Wismut und optional Wolfram besteht. Unter Beachtung dieses Zusammenhangs läßt sich das Gewicht der Schutzkleidung in vorteilhafter Weise weiter herabsetzen.

Patentansprüche

1. Blei-Ersatzmaterial für Strahlenschutz Zwecke im Energiebereich einer Röntgenröhre mit einer Spannung von 60–125 kV, wobei das Blei-Ersatzmaterial Sn, Bi und optional W oder Verbindungen dieser Metalle umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Blei-Ersatzmaterial
 - 10–20 Gew.-% Matrixmaterial,
 - 50–75 Gew.-% Sn oder Sn-Verbindungen und
 - 20–35 Gew.-% Bi oder Bi-Verbindungen
 für Nenn-Bleigleichwerte bis 0,15 mm und
 40–60 Gew.-% Sn oder Sn-Verbindungen,

15-30 Gew.-% Bi oder Bi-Verbindungen und
0-30 Gew.-% W oder W-Verbindungen
für Nenn-Bleigleichwerte von 0,15-0,60 mm umfasst.

2. Blei-Ersatzmaterial nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es

10-20 Gew.-% Matrixmaterial,

52-70 Gew.-% Sn oder Sn-Verbindungen und

21-32 Gew.-% Bi oder Bi-Verbindungen

für Nenn-Bleigleichwerte bis 0,15 mm und

42-57 Gew.-% Sn oder Sn-Verbindungen,

15-30 Gew.-% Bi oder Bi-Verbindungen und

5-27 Gew.-% W oder W-Verbindungen

für Nenn-Bleigleichwerte von 0,15-0,60 mm umfasst.

3. Blei-Ersatzmaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es einen Aufbau aus Schichten unterschiedlicher Zusammensetzung umfasst.

4. Blei-Ersatzmaterial nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass es einen Aufbau aus mindestens zwei getrennten oder miteinander verbundenen Schichten unterschiedlicher Zusammensetzung umfasst, wobei die vom Körper entferntere Schicht überwiegend Sn und die körpernahe(n) Schicht(en) überwiegend Bi und optional W umfasst.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

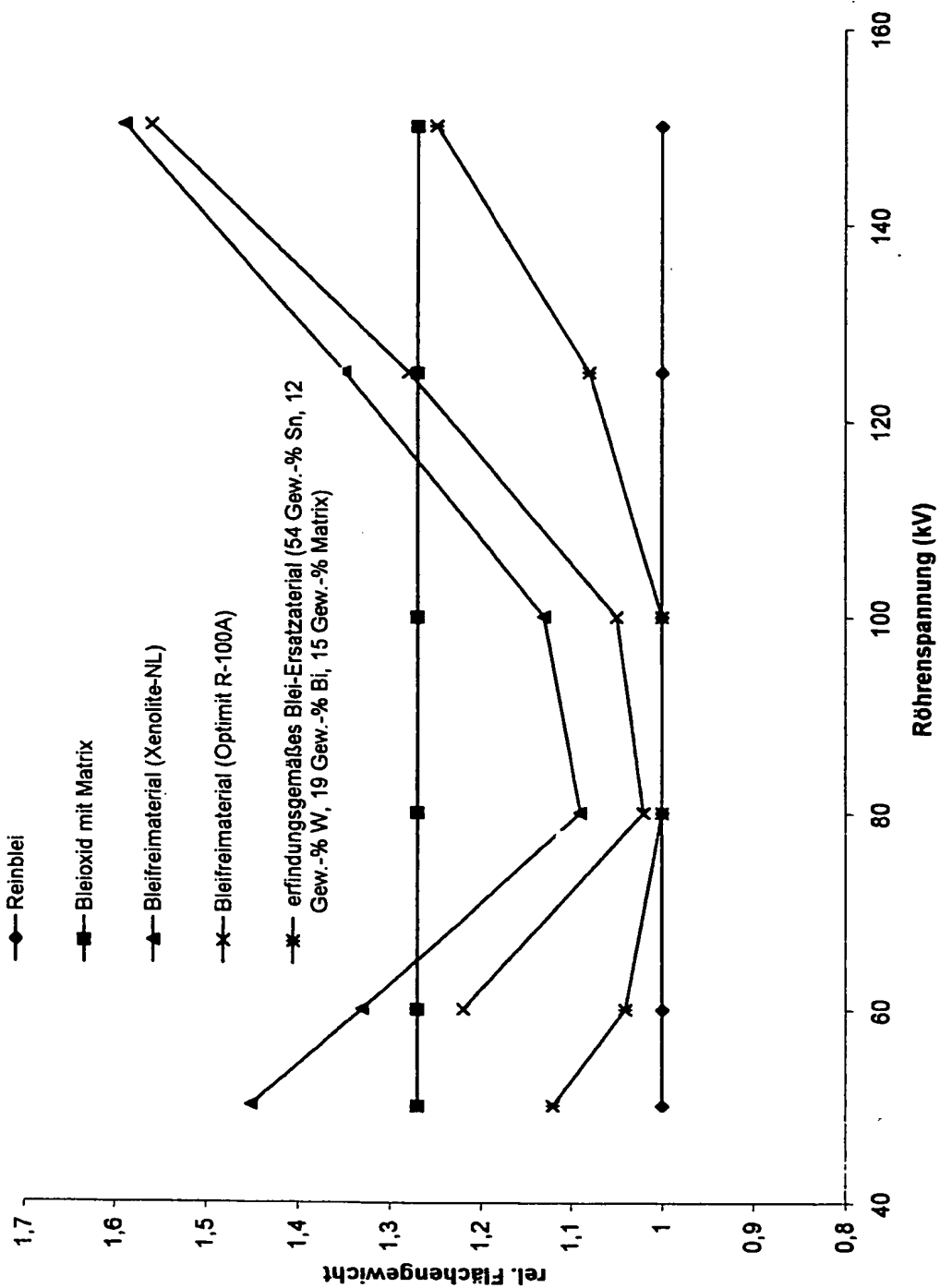


Fig. 1

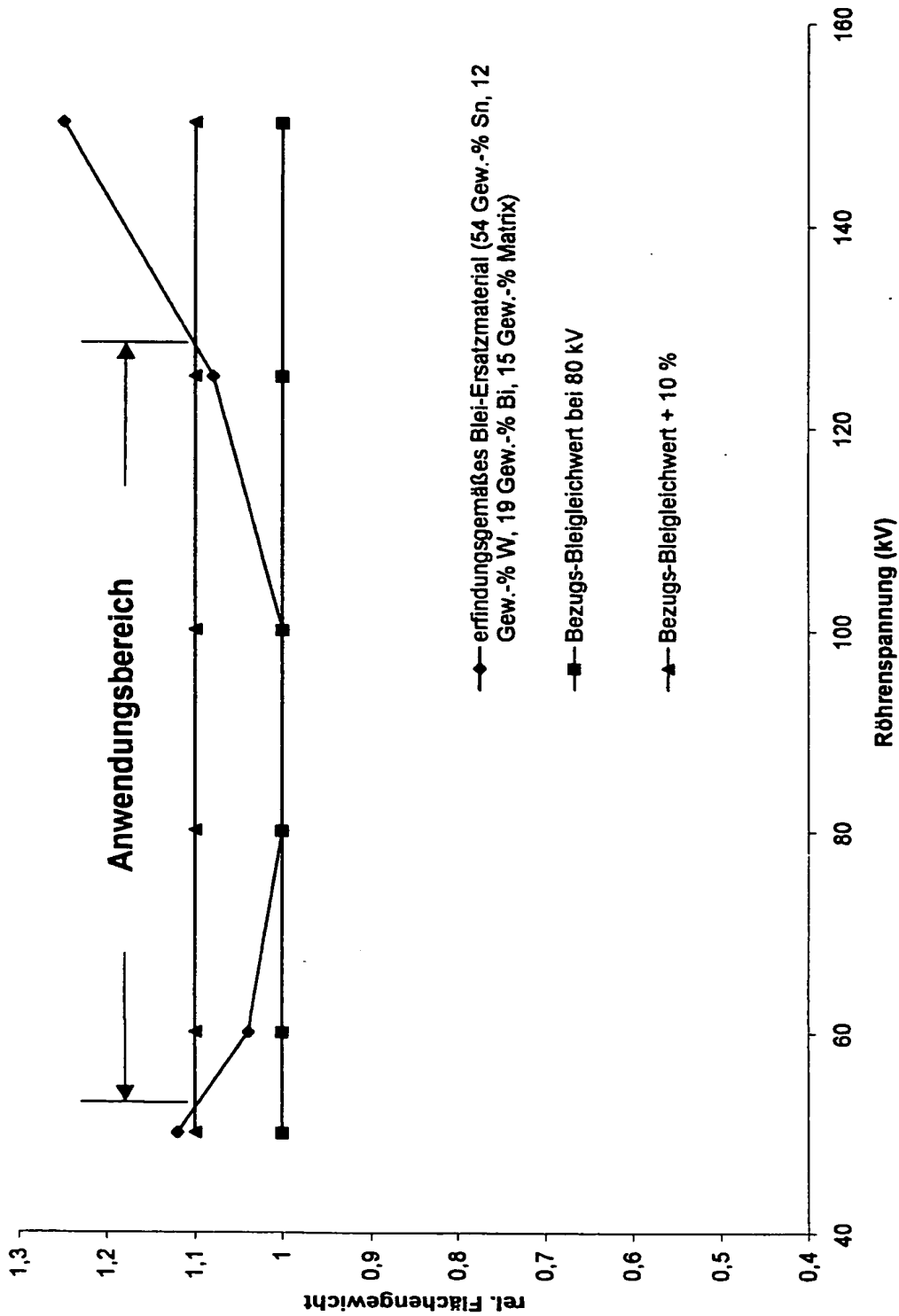


Fig. 2